

DIE WIRKUNG DER TROCKNUNG AUF DIE AUSBILDUNG DES ALKALOIDSPEKTRUMS VON CHELIDONIUM MAJUS L.

von

KLARA MICHELS-NYOMÁRKAY

Lehrstuhl für Angewandte Botanik und Histogenese der Eötvös Loránd-Universität,

Budapest

Eingegangen: 28. September 1970

Auf dem Lehrstuhl sind bereits im Zusammenhang mit dem volkswirtschaftlich wichtigen *Papaver somniferum* mehr als 20 Jahren verschiedene Versuche im Gange, über die bereits zahlreiche Mitteilungen veröffentlicht wurden (z. B. S á r k á n y und Mitarb. 1957, 1959, 1966, 1967, 1970).

In der Familie der *Papaveraceae* sind auch noch andere, weniger bekannte Pflanzen zu finden, die Milchgefäße und Alkaloide enthalten. Von diesen gebe ich meine Untersuchungen bezüglich der Art *Chelidonium majus* L. bekannt. Die Herba aus jungen Blattrosetten, oder aus blühenden Pflanzen, die Radix und das Rhizom von *Chelidonium majus* L. ist in der Volksheilkunde eine bekannte Droge. Es wird in den ungarischen Fachbüchern der Pharmakognosie ausführlich behandelt (A u g u s t i n 1948, H a l m a i 1963). Zu Beginn des Frühjahres wird die Pflanze im Rosettenstadium gemäht, doch büßt ihre Droge — wie A u g u s t i n u. Mitarb. festgestellt haben — im Laufe der Trocknung 1/3 ihres Alkaloidgehaltes ein. Über ähnliche Alkaloidabnahme berichten sie auch bei den zur Blütezeit gesammelten Pflanzenteilen.

Die Wirkung der Droge ist verschieden. Außerdem, daß sie bakteriostatisch und spasmolytisch wirkt, wird sie auch noch bei Leber- und Gallenbeschwerden angewandt, oder es werden mit ihrem frischen Milchsafte Warzen entfernt. Der Arzt A. M. A m i n e w (1966) hält z. B. den wässrigen Extrakt der frisch gesammelten Pflanzenteile als das wirksamste Mittel für die operationslose Heilung von Enddarmpolypen. Nach DAB 7 ist die bei 105 °C getrocknete Herba dieser Pflanze als amtlich anzusehen und ihre Alkaloidgehalt mit 4–8% vorgeschrieben. Im Zusammenhang mit der Biogenese der Alkaloide von *Chelidonium majus* L. stellte R o b i n s o n (1955) fest, daß die Benzophenanthridin-, Berberin- und Benzilisoquinolin-Alkaloide miteinander in engem Zusammenhang stehen. S c h ü t t e (1964), M o t h e s — S c h ü t t e (1969) befaßten sich ausführlich mit der Biogenese der Alkaloide in ihren diesbezüglichen Arbeiten. Die zu den drei Strukturen gehörenden Alkaloid-

gruppen sind alle über Dopa, Norlaudanozolin aus Tirozin aufgebaut. Die in *Chelidonium majus* auffindbaren Alkaloide kommen in den weiteren Stufen (+) — über Retikulin und Scoulerin zustande (Abb. 1).

Bezüglich des Alkaloidspektrums der Pflanze haben Slavik — Slavikova (1955) einerseits auf die Methodologie, andererseits sich auf die Biosynthese beziehend mehrere Angaben ausgearbeitet.

Die mit der vorangehend geschilderten Trocknung einhergehenden widersprechenden Angaben lassen darauf schließen, daß der Wirkstoff, der aufgrund der Voraussetzungen vor allem ein Chelidonin ist, im Laufe der Trocknung zum Teil im Zusammenhang mit der Enzymtätigkeit eine Änderung erleidet bzw. sich zu einer anderen Verbindung verwandelt. Meine Annahme wird dadurch unterstützt, daß man mit anderen alkaloidhaltigen Pflanzen im Zusammenhang, bereits früher Untersuchungen solchen Charakters durchgeführt hat (z. B. Verzár — Petri et al. 1968).

In meinen eigenen Untersuchungen habe ich im Zusammenhang mit der Trocknung das Alkaloidspektrum der als Droge gebrauchten jungen Pflanzen im Rosetten- und blühendem Stadium je nach Organen studiert. Es wurden hierbei die folgenden Trocknungstypen angewendet; nach 10' bei 105 °C erfolgten Enzymhemmung nebst Zimmertemperatur, bei 50 °C bis zu einem lufttrockenen Zustand, unmittelbar bloß bei einer Zimmertemperatur von etwa 18–20 °C. Außerdem wurden zum Vergleich auch aus frischgrünen Pflanzen Extrakte gefertigt.

Nach Pulverisierung und Homogenisierung habe ich 10,00 cg-Trockensubstanz nach alkalischer Aufschließung mit Chloroform extra-

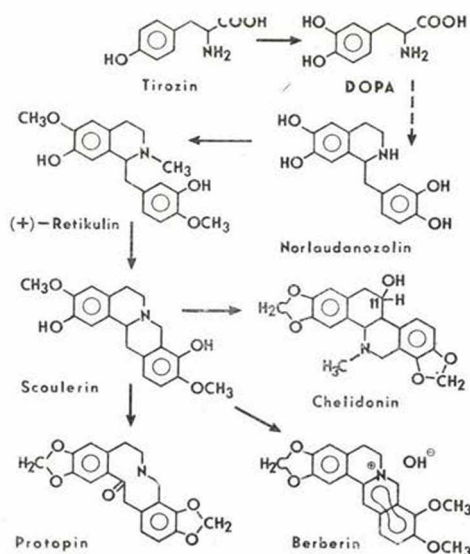


Abb. 1. Skizze der Biosynthese der Alkaloide von *Chelidonium majus* (nach Mothes — Schütte)

hiert, sodann nach Neubauer-Mothes 1961 durch eine alkalische Schicht laufen lassen. Um die Untersuchungen eindeutiger machen zu können, wurden die folgenden laufenden mobilen Phasen parallel angewendet:

n-Butanol-Eisessig-Wasser (10 : 1 : 3) (Slavik – Slavikova 1955).

Chloroform-Äthylazetat-Methanol (40 : 40 : 20) (Stahl 1967).

Benzol-Methanol (80 : 20) Neubauer – Mothes 1961.

Im UV-Licht wurde ihre Fluoreszenz beobachtet, sodann machte ich die Flecken mit einem Dragendorffschen bzw. konzentrierte Schwefelsäure enthaltenden CeIV (SO_4)₂-Reagens sichtbar. In der folgenden Tabelle habe ich meine obigen Angaben zusammengefaßt (Tab. I).

Tabelle I.

Einige Merkmale von Benzophenanthridinen und Berberinalkaloiden

| Alkaloide | Laufende mobile Phasen | | | im UV-Licht | Reagentia | |
|----------------------|------------------------|----|-----|---------------|------------------|--|
| | 1. | 2. | 3. | | Dragendorff | Ce ^{IV} (SO ₄) ₂ |
| | Rf×100 | | | | | |
| Chelidonin | 25 | 14 | 88 | | orange | orangerot |
| α-homo chelidonin .. | 18 | 20 | 82 | | gelb-orange | bräunlich-orange |
| chelitrin | 55 | 63 | 9,5 | goldgelb | gelblich-orange | lilarot |
| sanguinarin | 43 | 70 | 94, | gräulich-rosa | bräunlich-orange | gräulich |
| berberin | 3,5 | 16 | 3,3 | zitronengelb | bräunlich-orange | bräunlich-gelb |

Untersuchungsergebnisse und ihre Auswertung

Meine aus den Organen des blühenden *Chelidonium majus* L. mit Blattrosetten und 10–12 Stammblättern erhaltenen Untersuchungsergebnisse wurden in zwei Tabellen zusammengefaßt. Es wurden je 5 parallele Untersuchungen durchgeführt. Den Alkaloidgehalt habe ich in einem auf das Trockengewicht des pflanzlichen Teiles bezogenen Promillenwert angegeben (Tab. II).

Sie enthält die Summierung des Durchschnittes der aus Blattrosetten gemachten Untersuchungen. Chelidonin erschien als Hauptalkaloid in verhältnismäßig größerem Maße. Die Extrakte aus frischgrünen Pflanzen und das Spektrum der enzymgehemmten Proben ist im Vergleich zu den bei Zimmertemperatur und bei 60 °C getrockneten Teilen reicher. Diese Abweichung betreffs der Alkaloidmengen zeigte sich in geringerem, oder größerem Maße neben dem Chelidonin auch bei den untersuchten Nebenalkaloiden. Im Laufe der Auswertung habe ich die Promillenwerte des in den Pflanzenorganen von mir untersuchten dominierenden Alkaloides addiert, so kommen diese in der Form von Gesamtalkaloidwerten vor.

Tabelle II.

Die Wirkung verschiedener Trocknungsarten auf die Verteilung der Alkaloide
im jungen Rosettenstadium

| Trocknung; Organe | Chelidonin ‰ | Berberin ‰ | Homochelid. ‰ | Cheleritrin ‰ | Sanguinarin ‰ | Insgesamt ‰ |
|-------------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------|------------------|----------------|
| Frischgrün | | | | | | |
| Wurzel | 2,0 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 1,0 | 5,5 |
| Blattrosette | 5,0 | 1,0 | 1,5 | 1,0 | 2,0 | 10,5 |
| Pflanze im Ganzen | 7,0 | 1,5 | 2,5 | 2,0 | 3,0 | 16,0 |
| Bei 105° C enzymgehemmt | | | | | | |
| Wurzel | 1,5 | ny. | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 4,5 |
| Blattrosette | 5,0 | 1,0 | 1,0 | 2,5 | 1,0 | 10,5 |
| Pflanze im Ganzen | 6,5 | 1,0 | 1,5 | 3,5 | 1,5 | 14,0 |
| Bei Zimmertemperatur | | | | | | |
| Wurzel | 0,5 | ny. | ny. | ny. | 0,5 | 1,0 |
| Blattrosette | 3,0 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 6,0 |
| Pflanze im Ganzen | 3,5 | 0,5 | 0,5 | 1,0 | 1,5 | 7,0 |
| Bei 60 °C | | | | | | |
| Wurzel | S | — | — | S | 0,5 | 0,5 |
| Blattrosette | 2,5 | ny. | 0,5 | 1,0 | 0,5 | 4,5 |
| Pflanze im Ganzen | 2,5 | ny. | 0,5 | 1,0 | 1,0 | 5,0 |

Aus den Werten der fünf parallelen Gesamtalkaloide habe ich mit den Trocknungen und Organen verglichen, nach eine Varianzanalyse von zwei Gesichtspunkten durchgeführt (H a j t m a n 1968) (Vgl. Tabelle III.)

Die Blattrosetten der jungen Pflanze haben einen sehr hohen Alkaloidgehalt, der bei der auf einer Temperatur von 105 °C enzymgehemmten Substanz unveränderlich bleibt. Die Alkaloidabweichung zwischen den Trocknungen und den Pflanzenorganen ergab auch bei 0,5% einen signifikanten Unterschied.

Von den blühenden Pflanzen wurden die folgenden Teile aufgearbeitet: Wurzel, Rhizom, Stengel und Laubblatt.

Die Ergebnisse der chemischen Untersuchungen habe ich tabellenmäßig zusammengestellt (Tab. IV.), wobei die Alkaloidwerte in Promillen angegeben wurden.

Der Chelidoningehalt hat hier in den Wurzeln und im Rhizom zugenommen, hingegen nahm der Alkaloidgehalt des Stengels und des Laub-

Tabelle III.

Die Gesamtalkaloidpromillenwerte der Untersuchungsproben im Rosettenstadium bei je 5 Parallelen zur Varianzanalyse

| | Frischgrün | Bei 105 °C enzymgehemmt | Bei Zimmer- temperatur | Bei 60 °C | Summe der Zeilen |
|---------------------|------------|----------------------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| Wurzel | 6,00 | 3,50 | 0,50 | 0,50 | |
| | 5,50 | 4,50 | 1,50 | Sp. | |
| | 4,50 | 3,00 | 1,00 | 1,00 | |
| | 5,50 | 3,50 | 0,50 | 1,00 | |
| | 6,00 | 3,00 | 1,50 | Sp. | |
| | 27,50 | 17,50 | 5,00 | 2,50 | 52,500 |
| Blattrosette | 10,50 | 11,00 | 5,50 | 4,50 | |
| | 9,50 | 10,50 | 6,00 | 4,00 | |
| | 11,00 | 9,00 | 6,50 | 5,00 | |
| | 10,50 | 11,50 | 5,50 | 4,50 | |
| | 11,00 | 10,50 | 6,50 | 4,50 | |
| | 52,50 | 52,50 | 30,00 | 22,50 | 157,50 |
| Summe der Säulen | 80,00 | 70,00 | 35,00 | 25,00 | 210,00 |

| Ursachen bzw. Arten der Streuungen | Summe der Quadrate | FG | Varianz | F _(0,05) |
|------------------------------------|-----------------------|----|---------|---------------------|
| Wirkung der Organe | 275,31 | 1 | 275,31 | 765,81 |
| Wirkung der Trocknung | 212,5 | 3 | 70,83 | 197,02 |
| Interaktion | 12,19 | 3 | 6,06 | 16,8 |
| Innerhalb der Proben | 11,5 | 32 | 0,3595 | — |
| Insgesamt | 511,5 | 39 | — | — |

blattes ab. Die Nebenalkaloide vermehrten sich gleichfalls im Wurzel und im Rhizom, während sie im Stengel und im Laubblatt in minimalem Maße erschienen.

Die beeinflussende Rolle der Trocknung hinsichtlich des Alkaloidspektrums erhellt auch hier klar, das Alkaloidspektrum der bei Zimmertemperatur und bei 60 °C getrockneten Pflanzenteile hat sich etwa auf ein Drittel vermindert.

Die Gesamtalkaloidwerte bei den fünf Parallelen in Betracht genommen, habe ich — ähnlich wie bei den mit Blattrosetten —, auch vom Gesichtspunkt der Organe und der Trocknung eine Varianzanalyse durchgeführt. (Vgl. Tab. V.)

Tabelle IV.

Wirkung verschiedener Trocknungen auf die Verteilung der Alkaloide in blühendem Zustand

| Trocknung; Organe | Chelidonin ‰ | Berberin ‰ | Homochelid. ‰ | Cheleritrin ‰ | Sanguinarin ‰ | Insgesamt ‰ |
|----------------------|-----------------|---------------|------------------|------------------|------------------|----------------|
| Frischgrün | | | | | | |
| Wurzel | 5,0 | 2,0 | 0,3 | 2,0 | 2,0 | 14,0 |
| Rhizom | 3,0 | 1,0 | 2,0 | 1,0 | 3,0 | 10,0 |
| Stengel | 0,5 | 0,5 | 0,5 | — | 0,5 | 2,0 |
| Blatt | — | 0,5 | — | — | 0,5 | 1,0 |
| Pflanze im Ganzen | 8,5 | 4 | 5,5 | 3 | 6 | 27,0 |

Bei 105 °C enzymgehemmt

| | | | | | | |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Wurzel | 3,0 | 2,0 | 3,0 | 2,0 | 2,0 | 12,0 |
| Rhizom | 5,0 | 2,0 | 3,0 | 2,0 | 3,0 | 15,0 |
| Stengel | ny. | 0,5 | 0,5 | — | 0,5 | 1,5 |
| Blatt | — | 0,5 | — | — | 0,5 | 1,0 |
| Pflanze im Ganzen | 8,0 | 5,0 | 6,5 | 4,0 | 6,0 | 29,5 |

Bei Zimmertemperatur

| | | | | | | |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Wurzel | 0,5 | ny. | 0,5 | — | 0,5 | 1,5 |
| Rhizom | 2,0 | ny. | 2,0 | 0,5 | 0,5 | 5,0 |
| Stengel | ny. | — | — | — | — | ny. |
| Blatt | ny. | 0,5 | — | — | 0,5 | 1,0 |
| Pflanze im Ganzen | 2,5 | 0,5 | 2,5 | 0,5 | 1,5 | 7,5 |

Bei 60 °C

| | | | | | | |
|-------------------|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| Wurzel | 2,0 | 1,0 | 2,0 | 0,5 | 1,5 | 7,0 |
| Rhizom | ny. | ny. | 0,5 | 0,5 | 1,5 | 2,5 |
| Stengel | ny. | ny. | — | — | 1,5 | 1,5 |
| Blatt | ny. | ny. | — | — | 0,5 | 0,5 |
| Pflanze im Ganzen | 2,0 | 1,0 | 2,5 | 1,0 | 5,0 | 11,5 |

Tabelle V.

Die Gesamtakaloidpromillenwerte in den Untersuchungsproben
des blühenden Chelidonium majus bei je 5 Parallelen zur Varianzanalyse

| | Frischgrün | Bei 105 °C enzymgehemmt | Bei Zimmer- temperatur | Bei 60 °C | Summe der Zeilen |
|------------------|------------|----------------------------|---------------------------|--------------|---------------------|
| Wurzel | 15,50 | 11,50 | 2,00 | 5,50 | 172,50 |
| | 10,50 | 13,50 | 1,00 | 6,00 | |
| | 14,00 | 11,00 | 2,50 | 8,00 | |
| | 16,00 | 12,50 | 1,00 | 7,00 | |
| | 14,00 | 11,50 | 1,00 | 8,50 | |
| | 70,00 | 60,00 | 7,50 | 35,00 | |
| Rhizom | 11,50 | 14,50 | 4,50 | 2,00 | 162,5 |
| | 9,50 | 16,00 | 6,00 | 4,50 | |
| | 9,00 | 14,00 | 4,00 | 2,50 | |
| | 10,50 | 15,00 | 4,50 | 2,00 | |
| | 9,50 | 15,50 | 6,00 | 2,50 | |
| | 50,00 | 75,00 | 25,00 | 12,50 | |
| Stengel | 3,00 | 1,00 | Sp. | 1,50 | 25,0 |
| | 1,50 | 0,50 | Sp. | 1,00 | |
| | 1,00 | 2,00 | Sp. | 2,00 | |
| | 2,50 | 2,50 | Sp. | 1,50 | |
| | 2,00 | 1,50 | Sp. | 1,50 | |
| | 10,00 | 7,50 | Sp. | 7,50 | |
| Blatt | 0,50 | 1,00 | 0,50 | 0,50 | 17,50 |
| | 1,50 | 0,50 | 1,00 | 1,00 | |
| | 2,00 | 1,50 | 2,00 | 0,50 | |
| | 0,50 | 1,50 | 1,00 | 0,50 | |
| | 0,50 | 0,50 | 0,50 | Sp. | |
| | 5,00 | 5,00 | 5,00 | 2,50 | |
| Summe der Säulen | 135,00 | 147,50 | 37,50 | 57,50 | 377,50 |

| Ursachen bzw. Arten der Streuungen | Summe der Quadrat | FG | Varianz | F _(0,05) |
|------------------------------------|----------------------|----|---------|---------------------|
| Wirkung der Organe | 210,852 | 3 | 70,286 | 84,87 |
| Wirkung der Trocknung | 456,852 | 3 | 152,286 | 183,89 |
| Interaktion | 1347,118 | 9 | 149,235 | 180,21 |
| Innerhalb der Proben | 53,1 | 64 | 0,8281 | — |
| Insgesamt | 2067,922 | 79 | — | — |

In den blühenden Pflanzen ist der Alkaloidgehalt der Wurzel und des Rhizoms verhältnismäßig am höchsten. Dieser hohe Alkaloidgehalt ist bei der frischgrünen Pflanze und bei dem bei 105 °C enzymgehemmten Material ähnlich. Die bei 60 °C und bei Zimmertemperatur getrockneten Pflanzenteilen sowie die im Rosettenstadium haben eine Verminderung gezeigt. Die zwischen den Trocknungen und den Pflanzenorganen bestehende Alkaloidabweichung ergibt auch bei 0,5% einen signifikanten Unterschied.

Die verschiedenen Extraktionsreste habe ich ein halbes Jahr später wiederholtermaßen laufen lassen, die entsprechenden Spektren haben fast gleiche Ergebnisse gezeigt, was die Ständigkeit des Alkaloidgehaltes der Extraktion unterstützt. An der folgenden graphischen Darstellung (Abb. 2.) möchte ich den Trockenheitsfaktor hervorheben. In dieser Darstellung wird die Schwankung des Gesamtalkaloidspektrums in den Pflanzenorganen von Rosetten- und blühendem Zustand demonstriert. Bei den jungen Rosettenindividuen des *Chelidonium majus* L. sind zu Beginn des Frühjahres die grünen assimilierenden Stammlätter an Alkaloiden reicher. Die oben erwähnte Proportion ändert sich bei der Blüte, und die Wurzel sowie das Rhizom werden zum Hauptspeicher der Alkaloide. Als Droge scheint die oberirdische Blattrosette, oder die zur Blütezeit gesammelte Wurzel und sein Rhizom am wirksamsten zu sein. Die wirksamste Weise der Konservierung des Wirkstoffes der Droge ist nach dem Beweis unserer Untersuchungen auch im Falle des *Chelidonium majus* die bei einer Temperatur von 105 °C erfolgte Enzymhemmung.

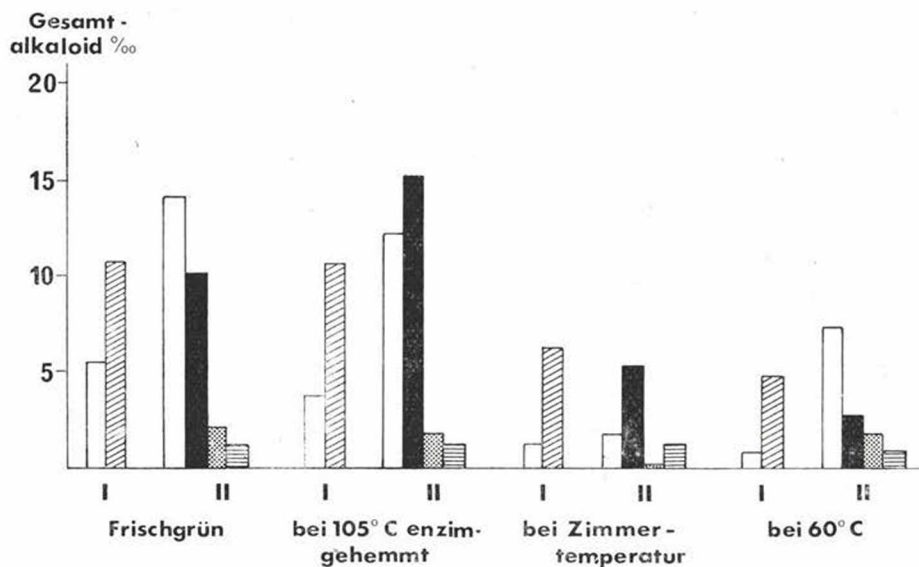


Abb. 2. Die Schwankung des Gesamtalkaloidgehaltes je Organe von der Trocknung abhängig

I. Rosettenstadium: weiß = Wurzel, schräg schraffiert = Blattrosette, II. Blühende Pflanzen: weiß = Wurzel, schwarz = Rhizom, punktiert = Stengel, schräg schraffiert = Blatt

Zusammenfassung

Auf dem Lehrstuhl sind bereits seit mehr als 20 Jahren im Zusammenhang mit dem volkswirtschaftlich wichtigen *Papaver somniferum* L. Versuche im Gange. In der Familie *Papaveraceae* sind noch andere Milchgefäße enthaltende Pflanzen mit Alkaloidgehalt, wie z. B. *Chelidonium majus* L. zu finden.

In der Volksheilkunde ist die Herba, die Radix und das Rhizom dieser Droge bekannt. Sie kommt in den pharmakognostischen ungarischen Fachbüchern vor. Augustin u. Mitarb. haben festgestellt (1948), das der Alkaloidgehalt der Droge während der Trocknung um 1/3 abnimmt. In der DAB 7 ist ihre bei 105 °C getrocknete Herba die amtliche, hingegen hält A mine w (1966) den Extrakt der frisch gesammelten Pflanzenteile am wirksamsten. Die mit der Trocknung einhergehenden widersprechlichen Angaben lassen darauf schließen, daß der Wirkstoff während des Trocknens einer Änderung unterliegt.

Während meiner eigenen Untersuchungen habe ich einen Teil der eingesammelten und nach Organen zerlegten Pflanzen vom Gesichtspunkt des Alkaloidspektrums in grünem Zustand untersucht. Den zweiten Teil des Materials habe ich gleichfalls je nach Organen zerlegt und in verschiedener Weise getrocknet, u. zw. nach bei 105 °C erfolgten Enzymhemmung bei Zimmertemperatur, bei 60 °C bis zu einem lufttrockenen Zustand, schließlich bei Zimmertemperatur. Aufgrund meiner Untersuchungen sind die frischen Pflanzenextrakte reich an Alkaloidspektren, am meisten kann dies bei jungen Blattrosetten und während der Blütezeit in den Wurzeln und im Rhizom wahrgenommen werden (von den Alkaloiden fand ich vor allem Chelidonin, Homochelidonin, Berberin, Cheliritrin, Sanguinarin vor).

Der Alkaloidgehalt des 10' lang bei 105 °C enzymgehemmten Materials steht dem frischen, jungen Untersuchungsmaterial am nächsten. In den bei 60 °C und bei Zimmertemperatur getrockneten Proben habe ich in großem Maße eine Alkaloidverminderung erfahren.

SCHRIFTTUM

- A mine w, A. M. 1966. Prostý bezkrwawý spôsob lečenia lagodných polipów jelita grubego. Pol. Prezgl. Chir. 38: 90–93.
- Augustin, B. – Jávorka, S. – Giovannini, R. – Rom, P. 1948. Magyar Gyógynövények. I. Földművelésügyi Minisztérium kiadásában (Ungarische Heilpflanzen. I. Verlag des Landwirtschaftsministeriums, Budapest, 494 p.
- Hajtmán, B. 1968. Bevezetés a matematikai statisztikába pszichológusok számára (Einführung in die mathematische Statistik für Psychologen). Akadémiai Kiadó, Budapest, 490 p.
- Halmai, J. – Novák, I. 1963. Farmakognózia (Pharmakognosie), Medicina Kiadó, Budapest, 717 p.
- M. Nyomárkay, K. 1966. Néhány alkaloid és aminosav megoszlása két morfonmárfajta (SB, SD) szerveiben az egyedfejlődés folyamán (Verteilung einiger Alkaloide und Aminosäuren in den Organen von zwei Morphinmohnarten (SB, SD) im Laufe der Ontogenese). Gyógyszerészet 10: 56–62.

- M. Nyomárkay, K. 1970. Alkaloidképződés tanulmányozása a mák csíranövényekben radioaktiv izotópokkal (Die Untersuchung der Alkaloidbildung in den Keimpflanzen des Mohnes mit radioaktiven Isotopen). *Herba Hungarica* 9:
- Mothes, K. — H. R. Schütte 1969. Biosynthese der Alkaloide. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin. 730 p.
- Neubauer, D. — K. Mothes 1961. Zur Dünnschichtchromatographie der Mohnalkaloide. *Planta Medica* 9: 466—470.
- Robinson, R. 1955. The structural relations of natural products. Clarendon Press, Oxford.
- Sárkány, S. — B. Dános 1957. Über die Veränderungen im Morphin und Nebenalkaloiden-Gehalt in den verschiedenen Organen der Mohnpflanze während der Vegetationsperiode. (I) *Acta Bot. Acad. Sci. Hung.* 3: 293—316.
- Sárkány, S. — S. Kiss, I. — Dános, B. — F. Riedel, L. 1959. Studien über *Papaver somniferum* L. und Selektionsversuche von Mohnsorten größerer Leistungsfähigkeit für Morphin- und Samenertrag. *Acta Botanica Acad. Sci. Hung.* 5: 97—202.
- Sárkány, S. — Verzár-Petri G. — Michels-Nyomárkay K. — Sárkány-Kiss, I. 1966. Az alkaloidképződés tanulmányozása a szövetstruktúrával és szervdifferenciáltsággal összefüggésben a *Papaver somniferum* L.-ban. I. Gyökérsúcs-vizsgálatok (Studien über die Alkaloidbildung in Zusammenhang mit der Gewebestruktur und Organdifferenzierung bei *Papaver somniferum* L. I. Untersuchungen der Wurzelspitze). *Herba Hungarica* 5: 40—50.
- Sárkány, S. — Michels-Nyomárkay, K. — Verzár-Petri, G. 1967. A mák magjának, különböző korú fiatal növényeinek szöveti felépítése, finomszerkezeti vonatkozásai és az alkaloidképződés kérdése (Histologischer Aufbau und Feinstruktur des Mohnsamens und der jungen Mohnpflanzen verschiedenen Alters, und das Entstehen der Alkaloide). *Herba Hungarica* 6: 239—253.
- Schütte, H. R. — H. Hindorf 1964. Über Vorkommen und Biosynthese von Spartein in *Chelidonium majus* L. *Die Naturwissenschaften* 51: 463.
- Slavík, J. — L. Slavíková 1955/a. Alkaloide der Mohngewächse (Papaveraceae) II. Trennung des Chelerytrins und Sanguinarins und Auffindung von zwei neuen Alkaloiden im Schöllkraut (*Chelidonium majus* L.). *Coll. Czechoslov. Chem. Commun.* 20: 21—26.
- Slavík, J. 1955. Alkaloide der Mohngewächse (Papaveraceae) V. Die Isolierung des Stylopins aus dem Schöllkraut. (*Chelidonium majus* L.). *Coll. Czechoslov. Chem. Commun.* 20: 198—203.
- Stahl, E. 1967. Dünnschicht-Chromatographie. Ed. 2. Springer, Berlin—Heidelberg—New-York. 979 p.
- Verzár-Petri, G. — Sárkány, S. — R. Szentpéteri G. — Gracza, P. — Stieber, J. 1968. A *Solanum laciniatum* Ait. hajtásainak posztmortális vizsgálata (Postmortale Untersuchung der Iprosse von *Solanum laciniatum* Ait.) *Acta Pharmaceutica Hung.* 38: 112—117.